

REC'D PCT/PTO 08 JUN 2005  
PCT/DE 03 / 0 2 4 0 7 #2

# BUNDE REPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 0 2 SEP 2003	
WIPO	PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 57 994.6

**Anmeldetag:** 12. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Zündwinkelbestimmung

**IPC:** F 02 P 5/152

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. Juli 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Best Available Copy

A 9161  
06/00  
EDV-L

R. 303950 Bb/Ho

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

5

## Verfahren zur Zündwinkelbestimmung

### Stand der Technik

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zündwinkelbestimmung für einen Verbrennungsmotor, bei dem ausgehend von der aktuellen Motordrehzahl und Last ein Grundzündwinkel bestimmt wird und bei dem im Rahmen einer nachgeschalteten Klopfregelung eine erste Zündwinkelverstellung nach spät ermittelt wird, wenn ein Klopfen erkannt worden ist.

15

20

Bei der Entwicklung von Verbrennungsmotoren gewinnen die Aspekte Treibstoffverbrauch und Abgaswerte zunehmend an Bedeutung. Diese Betriebsparameter können durch unterschiedliche Maßnahmen bzw. Stellgrößen beeinflusst werden, wie z.B. durch Abgasrückführung, Umlegen der Ladungsbewegungsklappe, Verstellen der Nockenwelle, Veränderung des Ventiltriebs und/oder Regelung der Motortemperatur bzw. Regelung der Kühlmitteltemperatur und/oder des Kühlmittelvolumenstroms. All diese Stellgrößen wirken sich auch auf die Klopfgrenze des Motors und somit auf den optimalen Zündwinkel aus.

25

30

Daher wird der Grundzündwinkel in der Praxis in mehreren Schritten ermittelt. Anhand der aktuellen Motordrehzahl und Last wird zunächst ein Ausgangzündwinkel bestimmt. In der Regel wird dieser Ausgangzündwinkel aus einem entsprechenden Kennfeld ausgelesen. Zur Ermittlung des Grundzündwinkels, wird dann für jede Stellgröße, d.h. für jede der vorgenannten Funktionalitäten, ein Zündwinkeloffset auf den Ausgangzündwinkel aufaddiert, um den Motor unter allen Betriebsbedingungen mit einem möglichst optimalen Wirkungsgrad betreiben zu können. Die Zündwinkeloffsets für die einzelnen Stellgrößen werden meist ebenfalls an Hand von entsprechenden Kennfeldern bestimmt. Der so ermittelte Grundzündwinkel bildet den Ausgangspunkt für eine nachgeschaltete zylinderindi-

35

*Best Available Copy*

viduelle Klopfregelung, durch die eine Spätverstellung des Grundzündwinkels bewirkt werden kann, wenn ein Klopfen erkannt worden ist.

Das voranstehend beschriebene Verfahren erweist sich in der Praxis in mehrerlei Hinsicht als problematisch. Bei Stellgrößen, die anhand eines Modells berechnet werden, führen dynamische Änderungen häufig zu einer fehlerhaften Bestimmung der Stellgröße. Dies hat eine fehlerhafte Adressierung des entsprechenden Kennfeldes für den Zündwinkeloffset zur Folge und resultiert in einer suboptimalen Bestimmung des Grundzündwinkels. Als Beispiele für Stellgrößen, die anhand eines Modells berechnet werden können, seien hier die Abgasrückführungsrate und die Motortemperatur genannt. Die Modellrechnungen zur Bestimmung der Motortemperatur bei einem Lastwechsel oder einer Änderung des Kühlmittelvolumenstroms und/oder der Kühlmitteltemperatur erweisen sich häufig als vergleichsweise ungenau. Eine Ursache dafür sind die langsamen Einschwingvorgänge bei Temperaturänderungen. Außerdem haben Änderungen des Kühlmittelvolumenstroms eine stark nichtlineare Auswirkung auf die Bauteil- bzw. Motortemperatur. Die bekannte Zündwinkelvorsteuerung kann diese Umstände nicht berücksichtigen.

Wie bereits erwähnt, wird bei der bekannten Zündwinkelvorsteuerung für jede Stellgröße ein eigenes Kennfeld für den entsprechenden Zündwinkeloffset benötigt. Dementsprechend steigt der Bedatungs- und Speicheraufwand mit der Anzahl der zu berücksichtigenden Stellgrößen. Die Bedatung der Kennfelder ist schon allein aufgrund der Datenmenge fehleranfällig. Zudem ist die Bedatung in einigen Fällen auch sehr zeitaufwändig, wie z.B. im Falle des Zündwinkeloffsets, der sich aufgrund von dynamischen Änderungen der Motortemperatur bzw. des Kühlmittelvolumenstroms und der Kühlmitteltemperatur ergibt.

### 30 Vorteile der Erfindung

Mit der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Zündwinkelbestimmung vorgeschlagen, bei dem Änderungen von Stellgrößen, die sich auf die Klopfgrenze

und damit auf den optimalen Zündwinkel auswirken, dynamisch berücksichtigt werden.

5 Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass im Rahmen einer Klopfgrenzenregelung eine zweite Zündwinkelverstellung ermittelt wird, wenn sich mindestens eine die Klopfgrenze beeinflussende Stellgröße verändert, wobei die Art der zweiten Zündwinkelverstellung, d.h. nach früh oder nach spät, von der Stellgröße und deren Veränderung abhängt.

10 Die Klopfgrenzenregelung im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch Veränderungen der zu berücksichtigenden Stellgrößen ausgelöst. Auf den absoluten Wert der Stellgröße kommt es hierbei nicht an, so dass sich eine fehlerhaft ermittelte Stellgröße so lange nicht negativ auf die erfindungsgemäße Zündwinkelbestimmung auswirkt, solange zumindest deren Veränderung richtig erfasst wird. Außerdem werden im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens keine  
15 Kennfelder für die Bestimmung von stellgrößenabhängigen Zündwinkeloffsets benötigt. Dementsprechend entfallen hier sowohl der mit der Bedatung derartiger Kennfelder verbundene Zeit- und Speicheraufwand als auch das durch die Bedatung dieser Kennfelder bedingte Fehlerrisiko. Der Motor wird mit Hilfe der Klopfgrenzenregelung immer mit einem optimalen Zündwinkel – entweder an der Klopfgrenze oder mit einem durch die Momentenstruktur vorgegebenen Zündwinkel –  
20 betrieben.

25 Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine klare Trennung zwischen der bekannten Klopfregelung und der erfindungsgemäßen Klopfgrenzenregelung realisiert. Dadurch bleibt die Funktionalität der Klopfregelung in vollem Umfang erhalten. Abgesehen von einigen zusätzlichen Freigabe- bzw. Sperrbedingungen, auf die im Rahmen eines nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispiels nochmals Bezug genommen wird, können die einzelnen Funktionen der  
30 bekannten Klopfregelung unverändert übernommen werden. Insbesondere eine Stationäradaption der Klopfregelung, wie sie bei schnellen Änderung des Motor-Betriebspunktes vorgenommen wird, kann weiterhin unbeeinträchtigt durchgeführt werden.

- Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten für die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens und insbesondere für die Realisierung der Klopfgrenzenregelung. Diese kann beispielsweise wie die Klopfregelung zylinderindividuell vorgenommen werden. In einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Klopfgrenzenregelung jedoch für alle Zylinder des Verbrennungsmotors gleichzeitig und in gleicher Weise durchgeführt. Die daraus resultierende globale Verstellung der Zündwinkel ermöglicht eine besonders schnelle und effiziente Anpassung der Zündwinkel an eine veränderte Klopfgrenze. Eine zylinderindividuelle Regelung des Zündwinkels erfolgt dabei mit Hilfe der Klopfregelung, die parallel zur Klopfgrenzenregelung durchgeführt wird. In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, dass der Zündwinkel im Rahmen der Klopfgrenzenregelung sowohl nach spät als auch nach früh verändert werden kann, während die Klopfregelung immer nur eine Spätverstellung des Zündwinkels bewirken kann.
- Beim Betrieb eines Kfz können Situationen auftreten, in denen der Zündwinkel ausschließlich durch die Momentenstruktur des Motors vorgegeben wird, also unabhängig von der Klopfregelung und einer Klopfgrenzenregelung, wie sie mit der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen wird. Beispielhaft sei hier das Einschalten des Klimakompressors genannt. Um in diesem Falle ein Motorruckeln zu vermeiden, kann die Momentenstruktur des Motors einen Momentenvorhalt aufbauen. Dabei werden die Zündwinkel nach spät gezogen. Während des Momenteneingriffs kommen weder die im Rahmen der Klopfregelung ermittelten ersten Zündwinkelverstellungen zur Ausgabe noch die im Rahmen der Klopfgrenzenregelung ermittelte zweite Zündwinkelverstellung, so dass die Klopfgrenzenregelung während des Momenteneingriffs unterbrochen werden muss. Der Momentenvorhalt wird nach einem solchen Momenteneingriff wieder abgebaut, indem die Zündwinkel beispielsweise in einer Rampe an die Klopfgrenze herangefahren werden. Zur Ermittlung des entsprechenden Zündwinkels wird ausgehend von der aktuellen Motordrehzahl und Last zunächst ein Grundzündwinkel bestimmt, auf den dann eine Zündwinkelverstellung zur Klopfgrenzenregelung aufaddiert wird. Dabei kann es sich um die Zündwinkelverstellung handeln, die vor dem Momenteneingriff, d.h. vor der Unterbrechung der Klopfgrenzenregelung, ermittelt worden ist. Der so ermittelte Zündwinkel stellt aber nur dann eine gute Annäherung an die Klopfgrenze

dar, wenn sich keine der Stellgrößen, die die Klopfgrenze beeinflussen, während des Momenteneingriffs verändert hat.

5 Eine vorteilhafte Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft den Fall der Zündwinkелеinstellung nach einem Momenteneingriff, wobei sich mindestens eine die Klopfgrenze beeinflussende Stellgröße während des Momenteneingriffs verändert hat. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, den Wert für die Zündwinkelverstellung zur Klopfgrenzenregelung aus einem Kennfeld auszulesen, in dem  
10 Werte für diese Zündwinkelverstellung als Funktion der Motordrehzahl, der Last und der veränderten Stellgröße abgelegt sind. Auf diese Weise können bei der Zündwinkелеinstellung nach einem Momenteneingriff auch Änderungen der Stellgrößen während des Momenteneingriffs berücksichtigt werden, obwohl die Klopfgrenzenregelung während des Momenteneingriffs unterbrochen war.

15 Die Werte eines solchen Kennfeldes können in vorteilhafter Weise adaptiv während des normalen Betriebs der Klopfgrenzenregelung ermittelt werden. Dazu müssen lediglich einmal Startwerte für ein Adaptionsskennfeld ermittelt werden, das dann als Ausgangskennfeld für alle Motoren eines Typs verwendet werden kann.

20

## Zeichnungen

25 Wie bereits voranstehend erörtert, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Beschreibung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnungen verwiesen.

30 Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Zündwinkелеinstellung während des normalen Motorbetriebs und

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild für das Beschreiben eines Adaptionskennfeldes für die Klopfgrenzenregelung einerseits und für das Auslesen von Werten aus diesem Adaptionskennfeld andererseits.

5

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Zündwinkelbestimmung für einen Verbrennungsmotor wird ausgehend von der aktuellen Motordrehzahl und Last ein Grundzündwinkel 1 bestimmt. Die Bestimmung des Grundzündwinkels 1 kann beispielsweise mit Hilfe eines entsprechenden Kennfeldes erfolgen. Auf diesen Grundzündwinkel 1 wird dann eine erste Zündwinkelverstellung 2 aufaddiert, die im Rahmen einer Klopfregelung 3 zylinderindividuell ermittelt wird, wenn ein Klopfen für einen Zylinder des Verbrennungsmotors erkannt worden ist. Die Klopfregelung 3 kann ausschließlich eine Spätverstellung des Grundzündwinkels 1 bewirken. Erfindungsgemäß wird außerdem im Rahmen einer Klopfgrenzenregelung 4 noch eine zweite Zündwinkelverstellung 5 ermittelt, wenn sich mindestens eine Stellgröße verändert, die die Klopfgrenze beeinflusst.

Die Klopfgrenzenregelung 4 kann beispielsweise durch eine Änderung der Abgasrückführungsrate, durch eine Verstellung der Nockenwelle, durch das Öffnen bzw. Schließen der Ladungsbewegungsklappe durch eine Veränderung des Ventiltriebs oder auch durch eine Veränderung der Motortemperatur bzw. eine Veränderung der Kühlmitteltemperatur oder des Kühlmittelvolumenstroms aktiviert werden. Mit Hilfe der Klopfgrenzenregelung 4 werden die Zündwinkel sehr schnell an die veränderte Klopfgrenze angepasst. In einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Zündwinkel dazu global, d.h. für alle Zylinder gleichzeitig und in gleicher Weise, verstellt. Im Rahmen der Klopfgrenzenregelung 4 wird hier also nur ein Wert für die Zündwinkelverstellung 5 bestimmt.

30

Bei der in Fig. 1 dargestellten Verfahrensvariante erfolgt die Klopfgrenzenregelung 4 parallel zur Klopfregelung 3, so dass die Funktionalität der Klopfregelung 3 unabhängig von der Klopfgrenzenregelung 4 ist.

Ob die im Rahmen der Klopfgrenzenregelung 4 bestimmte Zündwinkelverstellung 5 zu einer Frühverstellung oder zu einer Spätverstellung des Grundzündwinkels 1 führt, hängt von der Stellgröße ab, durch die die Klopfgrenzenregelung 4 ausgelöst worden ist, und von der Art der Veränderung dieser Stellgröße.

5

Bei einer Erhöhung der Abgasrückführungsrate oder auch bei einer Verringerung der Motortemperatur bewirkt die Klopfgrenzenregelung 4 so lange eine globale Frühverstellung des Grundzündwinkels 1, bis die Klopfregelung 3 ein Klopfen erkannt hat. In diesem Fall bleibt die Klopfregelung 3 aktiv und bewirkt, dass der Zündwinkel für den klopfenden Zylinder nach spät gezogen wird. Ändert sich die verursachende Stellgröße weiter, d.h. erhöht sich die Abgasrückführungsrate weiter oder verringert sich die Motortemperatur weiter, indem sich der Kühlmittelvolumenstrom erhöht oder die Kühlmitteltemperatur verringert, so wird der Zündwinkel nach einer applizierbaren Zeit weiter global nach früh verstellt, bis ein Klopfen erkannt wird.

15

Wenn sich die Abgasrückführungsrate verringert oder wenn sich die Motortemperatur erhöht, bewirkt die Klopfgrenzenregelung 4 eine globale Spätverstellung des Grundzündwinkels 1 pro erkanntem Klopfen. In diesem Fall sind sowohl die zylinderindividuelle Klopfregelung 3 als auch eine Stationäradaption des Zündwinkels gesperrt. Durch ein gleichzeitiges Herabsetzen der Klopfkennungsgrenze wird die Spätverstellung des Zündwinkels schon bei sehr kleinen Klopfen ausgelöst.

20

Die Summe aus Grundzündwinkel 1, erster Zündwinkelverstellung 2 und zweiter Zündwinkelverstellung 5 bildet den Maximalwert eines Begrenzers 6, während der spätest mögliche Zündwinkel 7 als Minimalwert des Begrenzers 6 vorgegeben wird. Mit Hilfe des Begrenzers 6 wird ein Ist-Zündwinkel 8 ermittelt, indem der Wertebereich eines Soll-Zündwinkels 9 begrenzt wird.

25

Das in Fig. 2 dargestellte Blockschaltbild betrifft die Bestimmung der Zündwinkel entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren nach einem Momenteneingriff. Bei einem Momenteneingriff werden die Zündwinkel durch die Momentenstruktur des Motors vorgegeben. Die Klopfgrenzenregelung wird dabei unterbrochen. Wie in Verbindung mit Fig. 1 erläutert, wird auch nach einem Momenteneingriff ein

30

**Best Available Copy**

Grundzündwinkel anhand der aktuellen Motordrehzahl und Last bestimmt. Auf diesen wird dann eine Zündwinkelverstellung aufaddiert, durch die den Einflüssen einer oder auch mehrerer Stellgrößen auf die Klopfgrenze Rechnung getragen werden soll. Beim normalen Motorbetrieb wird diese Zündwinkelverstellung im Rahmen der Klopfgrenzenregelung ermittelt, die allerdings immer nur bei einer Veränderung einer oder mehrerer Stellgrößen aktiviert wird. Nur wenn sich während des Momenteneingriffs keine der Stellgrößen verändert hat, kann die Klopfgrenze mit Hilfe des Werts für die Zündwinkelverstellung, der vor der Unterbrechung der Klopfgrenzenregelung ermittelt worden ist, gut angenähert werden. Andernfalls ist der ausgegebene Zündwinkel entweder zu früh, was zu Klopfen führt, oder zu spät, was in einem Wirkungsgradverlust resultiert.

In einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Wert für die Zündwinkelverstellung zur Klopfgrenzenregelung aus einem Kennfeld ausgelesen, wenn sich während des Momenteneingriffs mindestens eine die Klopfgrenze beeinflussende Stellgröße verändert hat. In diesem Kennfeld sind Werte für die Zündwinkelverstellung als Funktion der Motordrehzahl, der Last und der veränderten Stellgröße abgelegt.

Im rechten Teil des in Fig. 2 dargestellten Blockschaltbildes ist die Bedingung für das Auslesen eines Wertes aus einem solchen Kennfeld 10 dargestellt. Der linke Teil des Blockschaltbildes betrifft die Bedatung dieses Kennfeldes 10, die hier adaptiv während des normalen Betriebs der Klopfgrenzenregelung erfolgt. Deshalb wird das Kennfeld 10 im Folgenden stets als Adaptionskennfeld bezeichnet.

Die Adressierung der Werte des Adaptionskennfeldes 10 erfolgt sowohl beim Beschreiben als auch beim Auslesen über die Stellgröße, hier die Abgasrückführungsrate 11, und über Stützstellen 12 in Abhängigkeit von Motordrehzahl 13 und Last 14. Während des normalen Motorbetriebs wird jeder Wert der Zündwinkelverstellung, der im Rahmen der Klopfgrenzenregelung ermittelt worden ist, mit dem entsprechenden Wert des Adaptionskennfeldes 10 verglichen. Nur wenn die Abweichung zwischen diesen beiden Werten eine applizierbare Schwelle 15 überschreitet, wird der entsprechende Wert des Adaptionskennfeldes 10 mit dem aktuell ermittelten Wert für die Zündwinkelverstellung überschrieben.

Wie bereits erwähnt, müssen zwei Bedingungen für das Auslesen eines Wertes aus dem Adaptionsskennfeld 10 erfüllt sein. Zum einen muss der Momenteneingriff, der die Unterbrechung der Klopfgrenzenregelung verursacht hat, abgeschlossen sein, was bei 16 geprüft wird. Zum anderen muss sich im hier dargestellten Ausführungsbeispiel die Abgasrückführungsrate während des Momenteneingriffs signifikant verändert haben. Dazu wird die Differenz zwischen der Abgasrückführungsrate vor dem Momenteneingriff und der Abgasrückführungsrate nach dem Momenteneingriff 17 mit einem vorgegebenen Schwellwert 18 verglichen. Nur wenn beide Bedingungen erfüllt sind, wird eine adaptierte Zündwinkelverstellung 19 aus dem Adaptionsskennfeld 10 ausgelesen. Danach kann die Zündwinkelverstellung wieder mit hinreichender Genauigkeit im Rahmen der Klopfgrenzenregelung bestimmt werden.

15

**Best Available Copy**

R. 303950 Bb/Ho

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

5

## Patentansprüche

10

15

20

25

30

1. Verfahren zur Zündwinkelbestimmung für einen Verbrennungsmotor, bei dem ausgehend von der aktuellen Motordrehzahl und Last ein Grundzündwinkel (1) bestimmt wird und bei dem im Rahmen einer nachgeschalteten Klopfregelung (3) eine erste Zündwinkelverstellung (2) nach spät ermittelt wird, wenn ein Klopfen erkannt worden ist,

dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen einer Klopfgrenzenregelung (4) eine zweite Zündwinkelverstellung (5) ermittelt wird, wenn sich mindestens eine die Klopfgrenze beeinflussende Stellgröße verändert, wobei die Art der zweiten Zündwinkelverstellung (5), d.h. nach früh oder nach spät, von der Stellgröße und deren Veränderung abhängt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) für alle Zylinder des Verbrennungsmotors gleichzeitig und in gleicher Weise durchgeführt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) durch eine Änderung der Abgasrückführungsrate ausgelöst wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) durch eine Verstellung der Nockenwelle ausgelöst wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) durch das Öffnen bzw. Schließen der Ladebewegungsklappe ausgelöst wird.

Best Available Copy

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) durch eine Veränderung des Ventiltriebs ausgelöst wird.

5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) durch eine Veränderung der Motortemperatur bzw. durch eine Veränderung der Kühlmitteltemperatur und/oder des Volumensstroms des Kühlmittels ausgelöst wird.

10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei sich die Stellgröße so verändert, dass die Klopfgrenzenregelung (4) den Grundzündwinkel (1) nach früh verstellt, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfregelung (3) aktiv bleibt und dass die Klopfgrenzenregelung (4) den Grundzündwinkel (1) nur so lange nach früh verstellt, bis die Klopfregelung (3) einen Klopf erkannt hat.

15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei sich die Stellgröße so verändert, dass die Klopfgrenzenregelung (4) den Grundzündwinkel (1) nach spät verstellt, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) den Grundzündwinkel (1) bei jedem erkannten Klopf nach spät verstellt und dass der  
20 Zündwinkel während der Klopfgrenzenregelung (4) weder durch die Klopfregelung (3) noch durch eine Stationäradaption verändert wird.

25 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopferkennungsgrenze herabgesetzt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen der Klopfgrenzenregelung (4) eine Frühverstellung ermittelt wird, wenn sich die Abgasrückführungsrate erhöht und/oder wenn sich die Motortemperatur verringert.

30 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen der Klopfgrenzenregelung (4) eine Spätverstellung ermittelt wird, wenn sich die Abgasrückführungsrate verringert und/oder wenn sich die Motortemperatur erhöht.

13. Verfahren zur Zündwinkелеinstellung nach einem Momenteneingriff, bei dem der Zündwinkel auf der Basis der Momentenstruktur des Motors bestimmt worden ist und die Klopfgrenzenregelung (4) unterbrochen worden ist, wobei sich mindestens eine die Klopfgrenze beeinflussende Stellgröße während des Momenteneingriffs verändert hat, nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wert für die zweite Zündwinkelverstellung (19) aus einem Kennfeld (10) ausgelesen wird, in dem Werte für die zweite Zündwinkelverstellung als Funktion der Motordrehzahl (13), der Last (14) und der veränderten Stellgröße (11) abgelegt sind.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Werte des Kennfeldes adaptiv während des normalen Betriebs der Klopfgrenzenregelung (4) ermittelt worden sind.

R. 303950 Bb/Ho

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

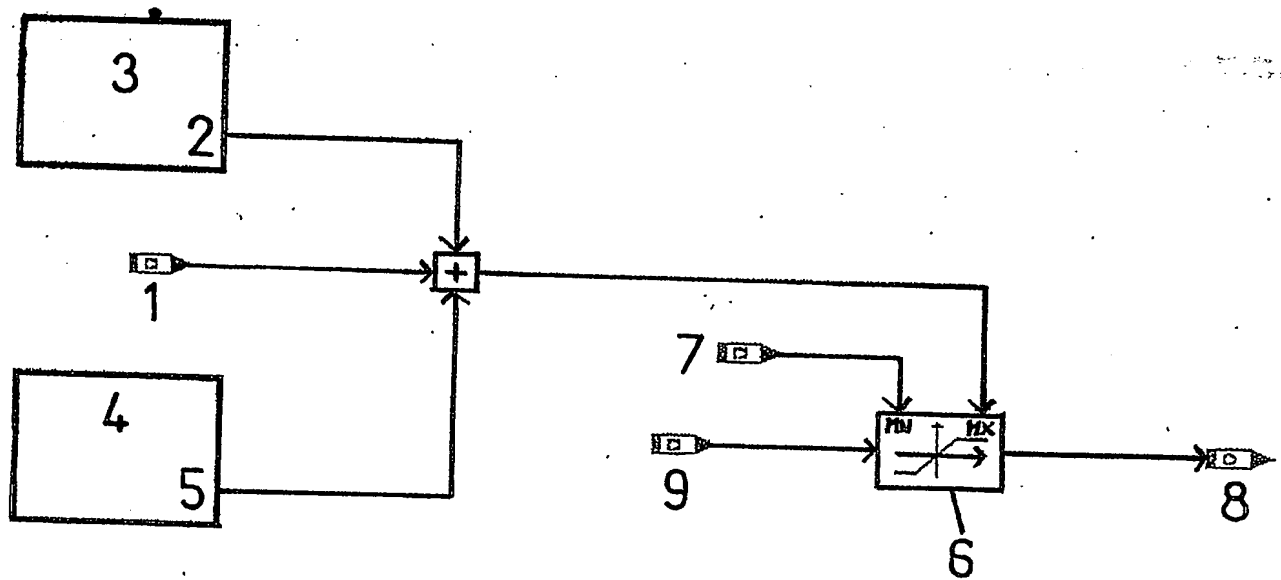
5

## Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Zündwinkelbestimmung vorgeschlagen, bei dem Änderungen von Stellgrößen, die sich auf die Klopfgrenze und damit auf den optimalen Zündwinkel auswirken, dynamisch berücksichtigt werden.

10 Dazu wird zunächst ausgehend von der aktuellen Motordrehzahl und Last ein Grundzündwinkel (1) bestimmt. Dann wird im Rahmen einer nachgeschalteten Klopfregelung (3) eine erste Zündwinkelverstellung (2) nach spät ermittelt, wenn ein Klopfen erkannt worden ist. Erfindungsgemäß wird außerdem im Rahmen  
15 einer Klopfgrenzenregelung (4) eine zweite Zündwinkelverstellung (5) ermittelt, wenn sich mindestens eine die Klopfgrenze beeinflussende Stellgröße verändert, wobei die Art der zweiten Zündwinkelverstellung (5), d.h. nach früh oder nach spät, von der Stellgröße und deren Veränderung abhängt.

20 (Fig. 1)

**Fig. 1**

Best Available Copy

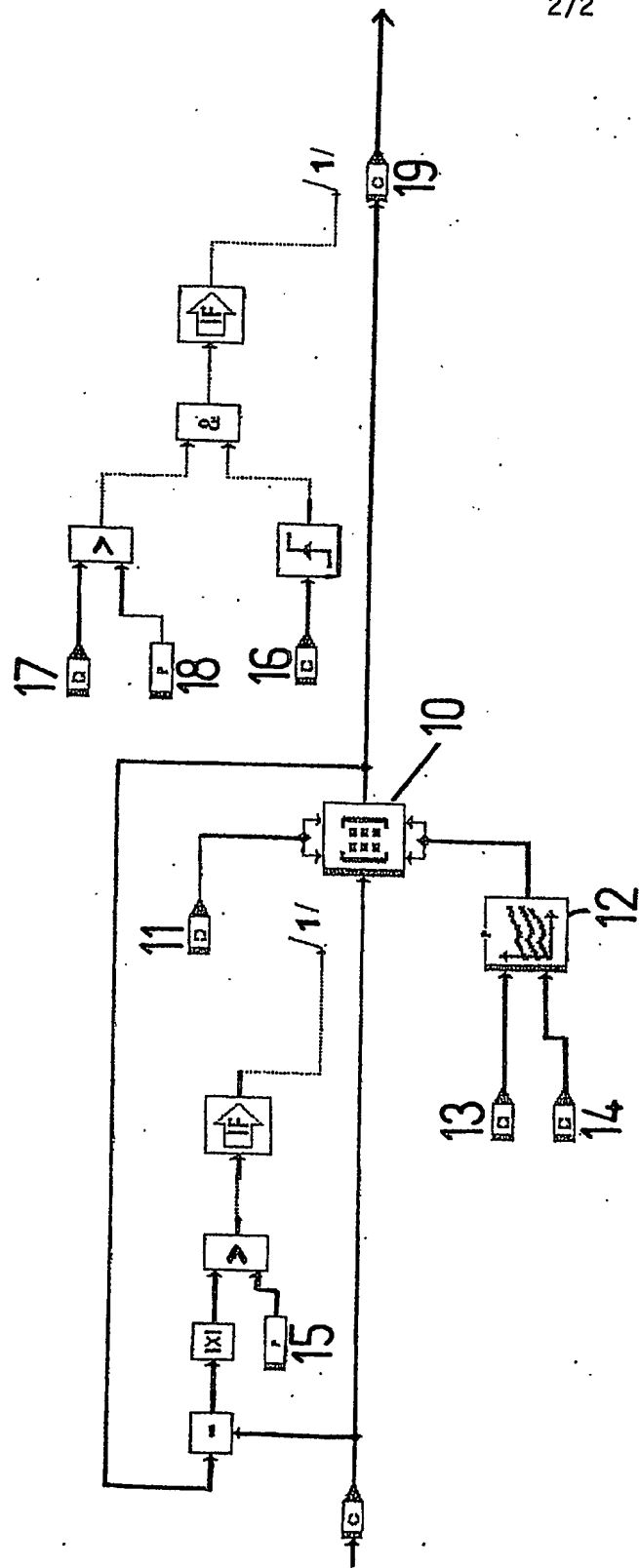


Fig. 2